

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22656208

研究課題名（和文） ダブルレット配位を用いた動的ダイバータの提案

研究課題名（英文） Development of Dynamic Divertor by Doublet Configuration

研究代表者

小野 靖 (ONO YASUSHI)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：30214191

研究成果の概要（和文）：

核融合炉の弱点であるダイバータ板の熱負荷低減のため、太陽コロナで見られるプラズモイド放出をトカマク炉の動的ダイバータとして用いる新手法を考案した。球状トカマク実験 TS-4 と 2 次元 MHD シミュレーションの双方で、トカマクからプラズモイドを成長させ、切り離し、ダイバータコイルへ連結させる繰り返し動作を実証した。プラズモイドが全排出粒子を輸送し、輸送中の不純物入射を行うことにより、同熱負荷を一桁抑制する見通しが得られた。

研究成果の概要（英文）：

We studied controlled plasmoid ejections from the main plasmas for a new type divertor, called "Dynamic divertor". Using the TS-4 spherical tokamak experiment and 2-D MHD simulation, we demonstrated for the first time, periodic ejections of plasmoids from the main plasma, their transportation and reconnection with the divertor plate. Since the plasmoid can transport all heat flux from the main plasma, impurity pellet/ gas injection to the isolated plasmoid is expected to reduce the heat load to the divertor plates significantly.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	0	1,300,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,100,000	540,000	3,640,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・核融合学

キーワード：燃料・ブランケット・プラズモイド

1. 研究開始当初の背景

トカマク型核融合炉の熱負荷上の弱点はダイバータ板であり、炉心プラズマで繰り返し発生する TYPE-I の ELM (エルム) の間欠的熱負荷に耐えられない。発想を逆にし、炉

心プラズマの磁場配位に工夫を施してこの熱負荷を低下できないかとの問題意識と、過去 10 年 TS-4 プラズマ合体実験を用いて太陽コロナで見られるプラズモイド放出現象を実験室で検証した実験室天文学の経験か

ら、動的な非対称ダブルレット型配位のダイバータへの応用を提案した。太陽コロナのように、トカマクプラズマも適切な平衡磁場分布の下、プラズマ電流をゆっくり増加させれば炉心プラズマの端にプラズモイドが成長するはずである。プラズモイドの成長後、炉心から切り離してダイバータ磁場に連結させれば炉心に気遣いなくアルゴンガス入射ができる。結果的にダイバータの熱負荷が劇的に低減されると共に、炉心はダイバータに直接連結されずに粒子排出が可能になる。以上の実験室天文学の知見を核融合炉開発に応用する新たなシナリオを作成するに至った。

2. 研究の目的

炉心プラズマの工夫によってダイバータの厳しい熱負荷を低下できないかとの逆の発想から、リミター配位の炉心プラズマに小さなプラズモイドを成長させ、適切な大きさに成長したところで炉心プラズマから切り離して、ダイバータの磁力線に連結させる。このプラズモイド放出を上下で交互に行なうことで、交互にダイバータに連結してアルゴン(Ar)ガス入射を行えば、ダイバータは直接炉心プラズマには連結されず、熱負荷は大幅に低減される可能性がある。問題は炉心プラズマの端でプラズモイドを成長させ、炉心から切り離してダイバータ配位に連結させる動的制御技術であり、本研究では一連の動作を合体運転で実績のある TS-4 球状トラス実験装置および 2 次元 MHD シミュレーションを用いてその基本動作を実証する。

本計画では、炉心プラズマの磁力線を常にダイバータとは切り離しつつ、プラズモイドで排出粒子をやりとりするという新手法でダイバータの熱負荷を低減するため、プラズモイドの生成、放出、大きさの制御技術を確立する。キーとなる課題はまず、1) 炉の平衡磁場コイルの電流はなるべく変化させず、(a) 平衡磁場インデックスとプラズマ電流の増分制御（目先はセンターソレノイドによる）と可能ならば (b) 加熱制御（所有の NBI:0.7MW による）を用いて自発的にプラズモイドを成長させ、間欠的に切り離してダイバータの磁力線に連結する動的な平衡遷移条件を見出すことである。太陽コロナ模擬実験・観測では平衡磁場を変化させずに自発的にプラズモイドが間欠放出される条件が確かに存在する。これを応用して、プラズマ電流と加熱の大きさと分布の制御により、2) プラズモイドの大きさと 3) 放出時間間隔を制御する手法を見出す。具体的には MHD シミュレーションと TS-4 球状トカマク実験装置の 8 個の内部コイルを用いた炉心プラズマからのプラズモイド放出実験を行い、最適な条件設定ができることを実証する。

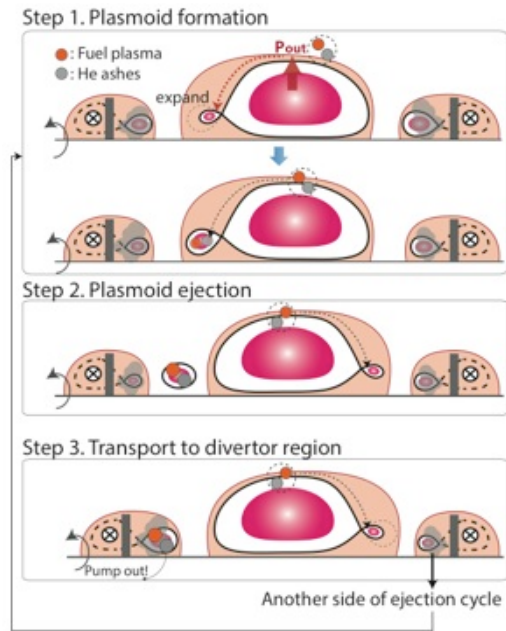


図1 主プラズマから放出したプラズモイドをダイバータ板に移送する「動的ダイバータ」の概念

3. 研究の方法

炉心トカマクプラズマで小さなプラズモイドを成長させ、適切な大きさに成長したところで炉心プラズマから切り離して、ダイバータの磁力線に連結させるという一連のシナリオをトカマク合体で実績のある TS-4 球状トカマク実験装置 (大半径 0.5m, 150kA) を用いて実証する。TS-4 の円筒型真空容器には既に内部 PF コイル 4 組 (8 個)、CS コイルが配置されており、経済的にシナリオの検証が可能である。(a) 購入予定の波形発生器の信号を増幅して IGBT とパワートランジスタで PF コイル電流群を制御し、プラズモイドの成長、切り離し、再結合に最適な平衡磁場インデックスを作り出す。この際、2 次元 MHD コードで同様の運転をテストし、その結果と比較検討する。(b) センター CS コイルによる電流注入と (c) 0.75MW の NBI (25kV, 30A) による加熱を制御パラメータとして、(I) 炉心プラズマの端でプラズモイドが成長する条件と (II) プラズモイドの大きさと (III) 放出間隔、(IV) ダイバータコイル磁場への連結時間を明らかにして、炉心とダイバータをつなぐプラズモイドの動的制御技術を確立する。

4. 研究成果

平成 22 年度は、ダイバータの熱負荷の飛躍的低減を目指して炉心プラズマとダイバータの間の粒子排出をプラズモイドの移送

で行なう本提案の動作を、まず2次元MHDシミュレーションにより実証した。TS-4実験を2次元軸対称MHDコードで模擬する境界条件を整え、図2に示されるように、センターソレノイドコイルの準定常の磁束供給により主プラズマが徐々に膨張を続ける条件下、プラズマ端部のポロイダルコイルが作る外部磁場曲率により (A) 炉心プラズマ端部でプラズモイドを成長させ、さらに (B) 端部コイル電流を振動させて、磁気リコネクションによりプラズモイドを主プラズマから間欠的に分離し、(C) 最終的にダイバータに再連結することに成功した。プラズモイド放出の時間間隔は、ソレノイドコイルの電流駆動の磁束供給率（ループ電圧）が大きいほど速くなり、切り離されるプラズモイドの大きさを制御するのは外部磁場インデックスであることが判明した。時間的に変動する端部ポロイダルコイル電流は外部磁場インデックスを変動させて、プラズモイド切り離しを助け、主プラズマとダイバータの共通磁束を零にして主プラズマのプラズマがプラズモイドを介さずにダイバータ磁束に流れることがないように配慮した（対応する実験を図3右に示す）。

この結果を基に TS-4 球状トカマク実験装置によるダイバータ運転シナリオの実証を行った。図3左に示すように同真空容器内部には位置変更可能な8個の内部コイルに加えて、同シミュレーションで必要性がわかったダイバータ磁場を形成する小さな端部ポロイダルコイルを製作し、デジタイザを購入して2次元磁気プローブ列を配置してダイバータ付近の磁場の2次元分布を計測できるよう工夫した。

平成23年度はTS-4球状トカマク装置を用いてプラズモイドの人為的生成とダイバータコイルへの連結という一連の動的ダイバータ動作に成功した。図3中央に示す2次元ポロイダル磁気面図のように、(A)10個の内部コイルで平衡磁場を形成し、(B)センターソレノイドコイル(CS)の磁束注入によって、主トカマクプラズマ（大半径0.5m、アスペクト比1.5）の端にプラズモイドを安定的に成長させ、成長後、さらにダイバータコイル領域に移送し、連結させた。プラズモイド放出間隔はCSコイルの磁束注入率で人為的に制御できることが明らかになり、これは太陽のプラズモイド放出現象（フレア）のトリガー機構との関連を議論した。さらに、多数のプラズモイドが間欠的に生成される条件、放出を制御する条件が明らかになった。一方、2次元軸対称MHDシミュレーションによる動的ダイバータ運転の検証も進展し、主トカマクプラズマからの複数のプラズモイド放出とダイ

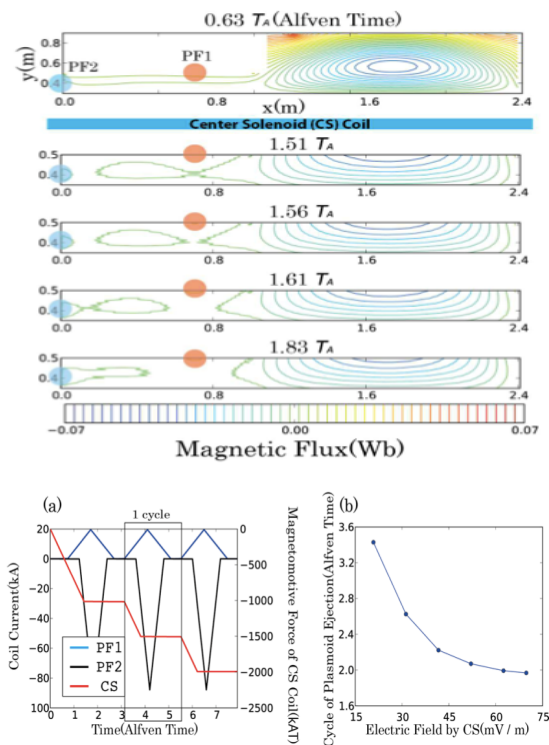


図2 2次元軸対称シミュレーションにおけるポロイダル磁気面で示す主トカマクプラズマからプラズモイドの放出とダイバータ板への連結の様子（上）、とPF1, PF2, CSコイル電流の制御例（下(a)）とプラズモイド放出時間のループ電界依存性（下(b)）。

バータコイルとの連結をシミュレートできるようになった。

平成24年度はTS-4実験における動的ダイバータ実験はプラズモイド放出制御実験に進み、設置した内部コイル群の電流を最適化して、放出されるプラズモイドのサイズ、粒子数、放出間隔の制御が一定範囲で可能になった。同時に新展開として核融合科学研究所の協力によって高精度の2次元MHDシミュレーションによってダイバータ動作を模擬できるようになり、双方で原理実証を行なうことができた。TS-4球状トカマク実験では、新設した2次元磁気プローブ列で計測しつつ、切り離しコイル、ダイバータコイル、平衡磁場コイル、センターソレノイドコイルの配置と電流を最適化して、トカマク端部のプラズモイド成長、トカマクから切り離し、ダイバータ磁束への連結の動作を最適化した。プラズモイドのサイズ・粒子数はコイル配置で決まり、現状で0.1msec程度である放出間隔は切り離しコイル電流のリングング周期で決まる。次にコイル電流のリングングを抑制し、センターソレノイドコイルによる電流駆動効果のみでプラズモイド成長・放出を制御する実験を行い、平衡磁場分布の調整により、現在の電源制約条件下でも1回の放出ならば

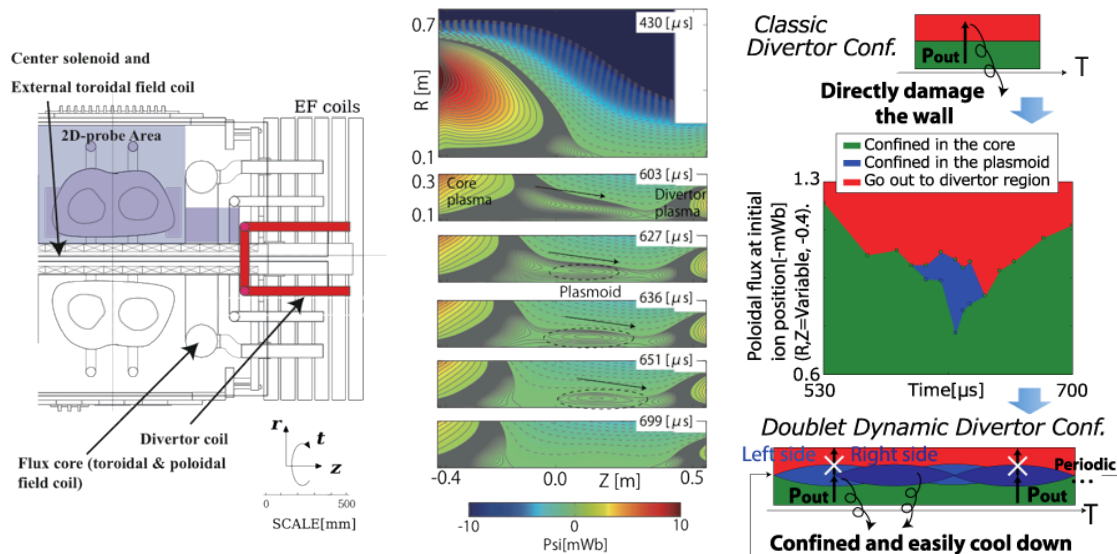


図 3 左：球状トカマク実験装置 TS-4 を用いた動的ダイバータ動作の実証：TS-4 装置の断面図とダイバータコイル（赤）、中央：ポロイダル磁気面によるプラズモイド放出の様子（中央）、右：得られた磁気面より軌道計算した主プラズマに閉じ込められるイオン（緑）、プラズモイドに閉じ込められるイオン（青）、ダイバータ磁場に閉じ込められるイオン（赤）：従来のダイバータの場合（右上）、実験で得られた動的ダイバータの場合（右中央）、理想的動的ダイバータの場合（右下）。

自発的な放出が可能になった。

また、図 3 右のように得られた磁場分布を基にイオンの軌道計算を行い、主プラズマに閉じ込められるイオン（緑）、プラズモイドに閉じ込められるイオン（青）、ダイバータ磁場に閉じ込められるイオン（赤）を区別した。現状は図 3 右中央であるが、主プラズマから排出されるイオンの 20% 程度がプラズモイドを介してダイバータ板に運ばれていることがわかった。これはイオンが直接、主プラズマの磁束からダイバータコイルの磁束に移る従来型ダイバータ（図 3 右上）に比べれば、プラズモイドで輸送中にガスパフ、不純物ペレットなどで思い切った冷却ができることを意味している。トカマク上下の X 点付近で交互にプラズモイド放出を繰り返せば、図 3 右下の理想的な動的ダイバータのように全てのイオン排出をプラズモイドが媒介でき、排出プラズマをプラズモイドで輸送中にアルゴンガスパフや不純物ペレット入射により、ダイバータ板への熱負荷を一桁抑制することができるはずである。その成果は IAEA Fusion Energy Conference 2012 の日本代表論文のポストデッドラインに採用された他、ヨーロッパ物理学会の基調講演、22nd International Toki Conference などの招待講演やさらに Plasma Phys. Cont. Nuclear Fusion の招待論文、プラズマ核融合学会誌の球状トカマクプラズマの小特集の解説にもなった。以上、従来天文分野に限定されていたプラズモイドをはじめ核融合プラズマのダイバータ

に応用し、新たな動的ダイバータという概念を確立し、研究として認知されたことが本研究の成果と言える。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 30 件）

① T. Ii, Y. Ono, “Spontaneous three-dimensional magnetic reconnection in merging toroidal plasma experiment”, Physics Plasmas, 査読有, 20, 2013, pp. 012106-012112. DOI: 0.1063/1.4774403.

② 小野靖, “物理科学, この 1 年 プラズマ中の磁力線再結合と巨大加熱”. パリティ, 査読無, 28, 2013, pp.14-15.

③ S. Kamio, K. Yamasaki, K. Takemura, Q. H. Cao, T. G. Watanabe, H. Itagaki, T. Tsutsui, K. Ishiguchi, R. Imazawa, T. Yamada, C. Z. Cheng, M. Inomoto, Y. Ono, “Electron Acceleration by Magnetic Reconnection During Spherical Tokamak Merging Experiment”, IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials, 査読有, 133, 2013, pp. 166-172, DOI: <http://dx.doi.org/10.1541/ieejfms.133.166>.

④ S. Kamio, N. Suzuki, Q. H. Cao, K. Abe, M. Sakumura, T. G. Watanabe, K. Ishiguchi, R. Imazawa, T. Yamada, M. Inomoto, Y. Takase, Y. Ono, “Development of Multichannel Doppler Spectroscopic Measurement System Using 8x8 Multianode Photomultiplier Tube Assembly”, Review of Scientific Instruments, 査読有, 83, 2012, pp. 83103, DOI: 10.1063/1.4739774.

⑤ K. Gi, T. Ii, T. Umezawa, M. Inomoto, Y. Ono,

“Merging Experimental Study of High-Beta ST Formation for Non-Inductive Plasma Start-Up Assisted by NBI in TS-4”, Plasma and Fusion Research, 査読有, 8, 2012, pp. 1402023-1402027, DOI: 10.1585/pfr.8.1402023.

⑥T. Ii, K. Gi, T. Umezawa, T. Asai, M. Inomoto, Y. Ono, “Development of a low-energy and high-current pulsed neutral beam injector with a washer-gun plasma source for high-beta plasma experiments”, Review of Scientific Instruments, 査読有, 83, 2012, pp. 083504 – 083509. DOI: 10.1063/1.4744960.

⑦N. Nishizuka, Y. Hayashi, H. Tanabe, A. Kuwahata, Y. Kaminou, Y. Ono, M. Inomoto, T. Shimizu, “A Laboratory Experiment of Magnetic Reconnection: Outflows, Heating, and Waves in Chromospheric Jets”, Astrophysical Journal, 査読有, 756, 2012, pp.152 – 161, DOI: 10.1088/0004-637X/756/2/152.

⑧Y. Ono, H. Tanabe, T. Yamada, M. Inomoto, T. Ii, S. Inoue, M. Gryaznevich etc., “Ion and electron heating characteristics of magnetic reconnection in tokamak plasma merging experiments”, Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion, 査読有, 54, 2012, pp.124039 – 124049.

⑨小野靖, “小特集球状トカマク研究の進展 2.4 球状トカマク合体の応用”, プラズマ核融合学会誌, 査読無, 88, 2012, pp. 733-739.

⑩伊藤慎悟,坂本恒之,小谷来太,井通暁, 小野靖, 成原一途, “飛行時間差と往復反射を用いたトムソン散乱計測の2次元化の基礎研究”, 電気学会論文誌 A, 査読有, 132-A, 2012, pp.239-245, DOI: 10.1541/ieejfms.132.239.

⑪林由記, 伊井亨, 井通暁, 小野靖, “プラズマ中の磁力線のインパルス型再結合現象”, 電気学会論文誌 A, 査読有, 132-A, 2012, pp.239-245, DOI: 10.1541/ieejfms.132.239.

⑫桑波田晃弘, 田辺博士, 伊藤慎悟, 井通暁, 小野靖, “磁気リコネクションを介した異極性プラズマ合体実験における低周波磁場揺動の計測”, 電気学会論文誌 A, 査読有, 132-A, 2012, pp.233-238, DOI: 10.1541/ieejfms.132.233.

⑬T. Yamada, R. Imazawa, S. Kamio, R. Hihara, Y. Ono, “Double Null Merging Start-up Experiments in the University of Tokyo Spherical Tokamak”, Fusion Energy 2010, 査読有, 2011, pp. EXSP2-19..

⑭M. Inomoto, H. Imanaka, Y. Hayashi, S. Ito, Y. Ito, Y. Ono 等, “Kinetic Behaviours of Energetic Ions in Oblate Field-Reversed Configuration”, Fusion Energy 2010, 査読有, 2011, pp. ICCP7-01.

⑮M. Inomoto, K. Abe, T. Yamada, A. Kuwahata, Y. Ono 等, “Development of Effective Power Supply Using Electric Double Layer Capacitor for Static Magnetic Field Coils in Fusion Plasma Experiments”, Review of Scientific Instruments, 査読有, 82, 2011, pp.023502-023056. DOI: 10.1063/1.3553283.

⑯伊井亨, 林由記, 井通暁, 小野靖, “トラスプラズマ合体実験装置 TS-4 における3次元局所磁気リコネクション”, 電気学会論文誌 A, 査読有, 130, 2010, pp. 765-771. DOI: 10.1541/ieejfms.130.765

⑰今澤良太, 神尾修治, 山田琢磨, 井通暁, 高瀬雄一, 小野靖等, “UTST における外部ポロイダル磁場コイルだけを用いた球状トカマク生成合体実験”, 電気学会論文誌 A, 査読有, 130, 2010, pp.

343-348. DOI: 10.1541/ieejfms.130.343

⑱田辺博士, Setthivoine You, 桑波田晃弘, 伊藤慎悟, 井通暁, 小野靖, “多数の視線積分された分光スペクトルを用いた2次元局所イオン温度分布計測システム”, 電気学会論文誌 A, 査読有, 130, 2010, pp. 772-777.

⑲阿部圭太, 井通暁, 山田琢磨, 桑波田晃弘, 神尾修治, 小野靖等, “電気2重層キャパシタのパルスコイル電源への応用”, 電気学会論文誌A, 査読有, 130, 2010, pp. 55-56. DOI: 10.1541/ieejfms.131.55

⑳T. Yamada, R. Imazawa, S. Kamio, R. Hihara, K. Abe, Y. Ono, “Merging start-up experiments on the UTST spherical tokamak”, Plasma and Fusion Research, 査読有, 5, 2010, pp. S2100. DOI: 10.1585/pfr.5.S2100

21. T. Wakatsuki, Y. Nagashima, M. Inomoto, Y. Ono, Y. Takase, “Direct measurements of the high harmonic fast wave profile in the UTST”, Plasma and Fusion Research, 査読有, 5, 2010, pp. 018. DOI: 10.1585/pfr.5.018

22. S. Kamio, Q. Cao, K. Abe T. Yamada, M. Inomoto, Y. Ono, “Multipoint Spectroscopy Measurement of Spherical Tokamak Heating by Magnetic Reconnection in UTST”, Plasma and Fusion Research, 査読有, 5, 2011, pp.018. DOI: 10.1585/pfr.6.2402033

23. S. You, H. Tanabe, Y. Ono, A. L. Balandin, “Vector and scalar tomography of compact toroid plasmas”, Journal of Fusion Energy, 査読有 29, 2010, pp.592-595. DOI: 10.1007/s10894-010-9317-8.

24. Y. Ono, H. Tanabe, Y. Hayashi, T. Ii, Y. Narushima, T. Yamada, M. Inomoto, C. Z. Cheng, “Ion and Electron Heating Characteristics of Magnetic Reconnection in a Two Flux Loop Merging Experiment”, Physical Review Letters, 査読有, 107, 2011, pp.185001-185005. DOI: 10.1103/PhysRevLett.107.185001

25. Y. Ono, Y. Hayashi, T. Ii, Tanabe, S. Inoue, A. Kuwahata, T. Ito, Y. Kamino, T. Yamada, “Intermittent magnetic reconnection in TS-3 merging experiment”, 査読有, 18, 2011, pp. 111213-111219. DOI: 10.1063/1.3662434

26. T. Watanabe, Y. Ono et al., “Magnetic Helicity Injection Mechanism for Double-Null Startup of the UTST Spherical Tokamak Plasmas”, Plasma and Fusion Research, 査読有, 6, 2011, pp. 1202131. DOI: 10.1585/pfr.6.1202131

27. 井上静雄, 小野靖, 伊藤慎悟, “プラズモイド放出を用いた動的ダイバータのMHDシミュレーション”, 電気学会論文誌 A, 査読有, 131-A, 2011, pp. 963-964. DOI: 10.1541/ieejfms.131.963

28. 魏啓為, 伊井亨, 小野靖, “磁力線追跡を用いた磁場反転配位の合体生成機構の実験的解析”, 電気学会論文誌 A, 査読有, 131-A, 2011, pp. 961-962, DOI: 10.1541/ieejfms.131.961

29. A. Kuwahata, H. Tanabe, S. Ito M. Inomoto, Y. Ono, “Low Frequency Magnetic Fluctuations during Magnetic Reconnection in Laboratory Experiment”, Plasma and Fusion Research, 査読有, 6, 2011, pp. 1201127, DOI: 10.1585/pfr.6.1201127.

30. S. Kamio, Q. Cao, K. Abe, M. Sakumura, N. Suzuki, R. Imazawa, T. Yamada, M. Inomoto, Y. Ono etc., “Multipoint Spectroscopy Measurement of Spherical Tokamak Heating by Magnetic Reconnection in UTST”, Plasma and Fusion Research,

[学会発表] (計 68 件)

- ① Y. Ono, “Cross-Validation of Experiment and Modeling for Fusion and Astrophysical Plasmas Physics and Application of Magnetic Reconnection in Toroidal Plasmas (Invited)”, 22nd International Toki Conference, Ceratopia Toki, Toki, Gifu, 2012年11月21日.
- ② S. Inoue, Y. Ono, Y. Kaminou, R. Horiuchi, “Controlled Plasmoid Ejection from Spherical Tokamak Plasmas for the Dynamic Divertor (Invited)”, Fusion Energy Conference 2012, San Diego, USA, 2012年10月12日.
- ③ Y. Ono, “Ion and Electron Heating Characteristics of Magnetic Reconnection in Tokamak Plasma Merging Experiments (Invited)”, 39th European Physical Society Conference on Plasma Physics and 16th International Congress on Plasma Physics, Stockholm, Sweden, 2012年7月5日.
- ④ S. Inoue, Y. Ono, Y. Kaminou, R. Horiuchi, “Dynamic divertor by plasmoid ejection”, 39th European Physical Society Conference on Plasma Physics and 16th International Congress on Plasma Physics, Stockholm, Sweden, 2012年7月5日.
- ⑤ Y. Ono, C. Z. Cheng, Y. Hayashi, T. Ii, S. Inoue, M. Inomoto, “Impulsively Fast Magnetic Reconnection by Acceleration of Ejecting Plasmoid Motion (Invited)”, MR2012 Workshop, Princeton, USA, 2012年5月24日.
- ⑥ 井上静雄, 小野靖, 伊藤慎悟, 井通暁, “TS-4 球状トカマク実験のプラスモイト放出を用いた動的タイハータの提案”, Plasma Conference 2011, 石川県立音楽堂, 金沢, 2011年11月22日.
- ⑦ S. Inoue, Y. Ono, S. Ito, M. Inomoto, R. Horiuchi, “Dynamic Divertor Concept by Plasmoid Ejection in TS-4 Spherical Tokamak Experiment”, 53rd Annual Meeting of the American Physical Society Division of Plasma Physics, Salt Lake City, USA, 2011年11月16日.
- ⑧ Y. Ono, “High Power Heating of Magnetic Reconnection in Laboratory Merging Experiments (Invited)”, 11th International Workshop on the Interrelationship between Plasma Experiments in the Laboratory and in Space (IPELS), Whistler, Canada, 2011年7月15日.
- ⑨ Y. Ono, “High Power Heating of Magnetic Reconnection in Tokamak Plasma Merging Experiments (Invited)”, MHD and Kinetic Processes in Laboratory, Space and Astrophysical Plasmas (LSAP2011) Workshop, 中国, 北京 2011年5月30日.
- ⑩ Y. Ono, “Fast Magnetic Reconnection and Its High Power Heating in TS-4 Merging Experiment (Invited)”, The PSSC/NCKU Seminar, 台南, 台湾, 2010年11月18日.
- ⑪ Y. Ono, “Laboratory Magnetic Reconnection Experiments (Invited)”, The 11th Asian Pacific Physics Conference (APPC11), 上海, 中国, 2010年11月16日.
- ⑫ Y. Ono, “Laboratory Magnetic Reconnection Experiments (Invited)”, 38th Scientific Assembly of the

Committee on Space Research (COSPAR 2010)”, ブレーメン, ドイツ, 2010年7月17日.

[その他]

ホームページ等:

<http://tanuki.t.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野 靖 (ONO YASUSHI)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科教授
研究者番号: 30214191

(3) 連携研究者

山田 琢磨 (YAMADA TAKUMA)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科助教
研究者番号: 90437773